

Der neue Hochleistungsmotor für den BMW M3



Seit 1986 baut BMW auf Basis der jeweils aktuellen Dreier-Reihe ein Sportcoupé, den M3. Für den neuen M3 entwickelte BMW M einen komplett neuen Reihensechszylinder mit 3246 cm³ Hubraum. Um sportwagenspezifische Fahrleistungen mit einem spontan ansprechenden, agilen Motor zu erreichen, wurde ein Vierventil-Saugmotor mit Hochdrehzahlauslegung gewählt. Trotz der hohen absoluten wie spezifischen Werte – 252 kW bei 7900/min, 77,6 kW/l – ist es gelungen, einen absolut alltagstauglichen Motor darzustellen, der weltweit in allen Ländervarianten zum Einsatz kommt.

I Einleitung

Für den neuen M3 auf Basis der E46-Baureihe wurde ein neuer Reihensechszylinder-motor entwickelt. Im M3-Vorgängermodell sowie im M-Roadster und M-Coupe wurde für den Weltmarkt – außer für USA – ein eigenständiger Motor mit 236 kW/321 PS bei 7600/min und 350 Nm bei 3250/min angeboten. Für den US-Markt kam ein auf Basis

des BMW 328i Motors weiter entwickelter Motor mit 3,2l Hubraum und 179 kW/240 PS bei 6000/min sowie 320 Nm bei 3800/min zum Einsatz.

Die wichtigsten Ziele für den seit Sommer 2000 in Produktion befindlichen Motor waren:

- Umsetzung des Hochdrehzahlkonzepts
- Großer nutzbarer Drehzahlbereich
- Drehmoment und Leistungssteigerung

- Reduzierung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs
- Gewichtsreduzierung
- Einführung von EDR (Elektronische Drosselklappenregelung) zur Umsetzung von DSC, ASC, MSR etc.
- Weltweiter Einsatz des Motors (Erfüllung der jeweiligen gesetzlichen Vorschriften bezüglich Abgas, Geräusch, etc.; Typisierung einer eigenen Motorenfamilie in den USA).

Die Umsetzung des Hochdrehzahlkonzepts ist für das Gesamtfahrzeugkonzept von entscheidender Bedeutung, da der M3 ein fünfsitziges Coupé mit dynamisch agilem Fahrverhalten und sportwagenspezifischen Fahrleistungswerten sein soll und ist. Für die Fahrzeugbeschleunigung ist entscheidend, welche „Schubkraft“ an den Antriebsrädern zur Verfügung steht. Wir sprechen von Schubkraft, weil der M3, wie alle BMW Fahrzeuge, mit Standardantrieb ausgerüstet ist. Der Vortrieb entsteht über den

Schub an den Hinterrädern. Diese Kraft kann durch einen großvolumigen Motor mit niedriger Drehzahl und langer Gesamtübersetzung oder mit kleinerem Hubraum und hoher Drehzahl und kurzer Gesamtübersetzung erreicht werden.

Das Hochdrehmomentkonzept (=Hubraumkonzept) hat erhebliche Nachteile bezüglich Gewicht und Bauraum, da der Motor selbst sowie alle Bauteile des Antriebsstrangs wegen des hohen Drehmoments sehr groß (=schwer) dimensioniert werden müssen.

2 Motorbeschreibung

Der Motor ist vorne im Fahrzeug 30 Grad nach rechts geneigt eingebaut, **Bild 1**. Aufgrund der hohen spezifischen Kennwerte konnten vom Motor des 328i kaum Teile übernommen werden. Die Gleichteile beschränken sich auf Ölwanndichtung, Spannrolle für Keilrippenriemen, Pleuellwellenabschlussdeckel hinten mit Dichtung sowie Öldruck- und Wassertempersensoren. Vom Vorgänger-M3 wurden nur die Motorhauptmaße (ausgenommen Zylinderbohrung) und das ölwanneintegrierte Quasitrockensumpfsystem übernommen.

Die BMW M besitzt seit 1982 Erfahrungen mit einer durchgängigen 3D-CAD Datenprozesskette. Auch der neue Motor wurde, wie heute Standard, komplett mit CAD im System CATIA in 3D konstruiert. Durch die direkte Weiterverwendung der CAD-Daten für Berechnung, DMU (Digital Mock Up), Rapid Prototyping, Werkzeugbau, etc. waren die Grundlagen für eine kurze Entwicklungszeit gegeben.

2.1 Grundmotor

2.1.1 Kurbelgehäuse

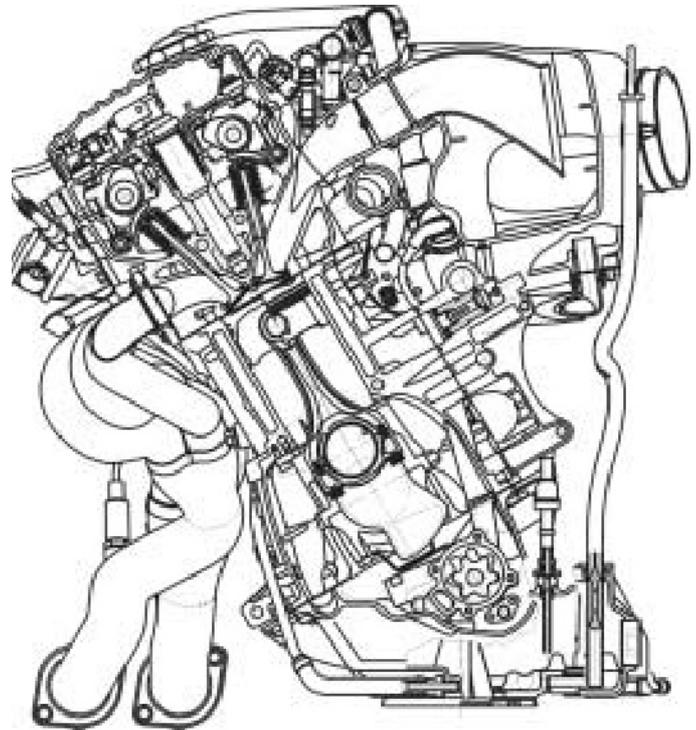
Für das Kurbelgehäuse wird Perlitguss (HB170-250) wegen der Belastung aufgrund der hohen Drehzahl und den hohen Verbrennungsdrücken verwendet. Um den maximal möglichen Hubraum von 3246 cm³ zu realisieren, wurde ein Bohrungsdurchmesser von 87 mm bei einem Zylinderabstand von 91 mm gewählt.

2.1.2 Kurbeltrieb

Die Pleuel sind, wie schon beim Vorgängermodell, geschmiedete Stahlcrackpleuel aus C70S6BY90. Aufgrund der auf 8000/min gestiegenen Maximaldrehzahl und der von 22 auf 20 mm reduzierten Breite wurde

Bild 1:
Motorquerschnitt

Figure 1: Cross-section through engine



eine Neuauslegung des Pleuelrohteils notwendig. Die Breite wurde reduziert, um eine bessere Pleuellwellenabstützung zu erreichen.

Die geschmiedete und nitrocarborierte Pleuellwelle aus 42CrMo4 (Hub- und Hauptlagerzapfen Ø49 und Ø60mm) wurde fast unverändert vom Vorgängermotor übernommen. Die Befestigung des Pleuellwellendämpfers erfolgt über eine Vierfachverschraubung am vorderen Ende der Pleuellwelle.

Es werden grafitbeschichtete Alugusskolben mit bearbeiteten Mulden für eine Verdichtung von 11,5:1 verwendet. Die Pleuel werden durch Ölspritzdüsen gekühlt. Die Ölversorgungsbohrung für die Spritzdüsen ist mit einem Regelventil versehen, welches ab einem Öldruck von 2,5 bar öffnet. Der Pleuelbolzen hat einen Durchmesser von 21 Millimetern und ist innen zur Gewichtsoptimierung konisch bearbeitet. Der Pleuellwellenschlitz wurde durch die Verwendung einer 0,6 mm dicken, mehrlagigen Edelstahlpleuellwellendichtung reduziert.

2.1.3 Zylinderkopf

Der Pleuellwellenabschlussschleifer ist einteilig ausgeführt und wird in einer Stahlkockille von BMW selbst gegossen. Durch das Querschnittskühlungskonzept konnte eine gleichmäßige Temperaturverteilung im Pleuellwellenabschlussschleifer erreicht werden. Das Pleuellwellenabschlussschleiferströmungsmittel strömt vom Pleuellwellenabschlussschleifer über die Aus-

lassseite quer durch den Pleuellwellenabschlussschleifer und wird auf der Einlassseite über eine Sammelleitung dem Pleuellwellenabschlussschleiferthermostat zugeführt. Die Pleuellwellenabschlussschleifermenge im Pleuellwellenabschlussschleifer wurde im Vergleich zum Vorgängermodell reduziert. Durch die gezielte Formgebung des Pleuellwellenabschlussschleifers sowie die

Die Verfasser

Dipl.-Ing. Herbert Vögele ist Leiter der Motorentwicklung bei BMW M.



Dipl.-Ing. (FH) Helmut Himmel ist Projektleiter Motor BMW M3 und war bis Ende 1999 Konstruktionsleiter Motor.



Dipl.-Ing. Roman Scherer ist Leiter Versuch Applikation, Leistungsentwicklung bei BMW M.



Steuerung der Wassermenge über die Zylinderkopfdichtung konnte eine sehr gleichmäßige Temperaturverteilung im Zylinderkopf erreicht werden.

In den Zylinderkopf integriert ist eine Luftverteilungsleitung für die Zusatzlufteinblasung. Von dieser Leitung mit 12 mm Durchmesser führen Bohrungen mit vier Millimeter Größe direkt in die Auslasskanäle neben jedes Auslassventil.

2.1.4 Ventiltrieb

Der Ventilwinkel für Einlass und Auslass ist 15.5° und 17.5° . Der Ventildurchmesser des Monometall-Einlassventils aus ferritisch/martensitischem Edelstahl (X45CrSi9) ist 35mm, der des hohlgebohrten, natriumgefüllten Auslassventiles aus Nimonic (NiCr20TiAl) 30,5 mm.

Für den Ventiltrieb wurde anstatt der bei den BMW M-Motoren bisher üblichen Tassenstößel ein Gleitschlepphebelventiltrieb gewählt. Dieser hat Vorteile bei Bauraum, Reibung und bei den bewegten Massen. Bei einem einteiligen Zylinderkopf mit einem Zylinderabstand von 91 mm ist die Bauraumproblematik zwischen den Zylinderkopfschrauben, Nockenwellenlagern und Tassenstößeln unter Berücksichtigung von Fertigungs-Anforderungen und des technischen Ziels nicht befriedigend zu lösen.

Bei der Wahl des Übersetzungsverhältnisses für den Schlepphebel wurde der Steifigkeit gegenüber dem benötigten Bauraum der Vorzug gegeben. Das Übersetzungsver-

hältnis des Schlepphebeltriebs ist 1:1, um keine Biegebeanspruchung zu induzieren, **Bild 2**. Die Schlepphebel sind aus Feinguss 21NiCrMo2 einlasseitig und auslasseitig jeweils auf einer Achse gelagert und mit einer Federklammer gegen axiales Verschieben gesichert, **Bild 3** und **Bild 4**. Gegenüber dem Tassenstößelventiltrieb des S50 konnte an den oszillierenden Massen 30% eingespart werden. Dadurch konnte trotz Anhebung der maximalen Drehzahl von 7600 auf 8000/min die Federkraft bei F1 (Ventil geschlossen) um 8% und bei F2 (maximaler Ventilhub) um 1,2% reduziert werden.

Die Reibungsvorteile beruhen auf dem Entfall der Stößelhemdreibung, **Bild 5**. Die Ventilsfedern – pro Ventil wird ein Doppelfederpaket verwendet – sind, um den oszillierenden Anteil der Federmasse zu reduzieren, einseitig progressiv gewickelt. Die Ventilspieleinstellung erfolgt über Einstellplättchen ($\varnothing 9$ mm), die direkt im oberen Federteller gelagert sind. Die Spieleinstellung erfolgt nur bei den großen Inspektionen, es sind also Einstellintervalle von rund 40 000 km möglich. Das genaue Intervall wird aufgrund der Fahrzeugbeanspruchung berechnet und über die Service-Intervall-Anzeige (SIA) dem Fahrer im Instrumentenkombi visualisiert.

Die Gleitbahnschmierung des Schlepphebels erfolgt über eine intermittierende



Bild 3: Schlepphebel
Figure 3: Cam follower

Spritzölversorgung von den Nockenwellenlagern. Die Dauer und die Richtung des Ölstrahls wird über Nuten in den Nockenwellenlagern gesteuert. Der Vorteil der intermittierenden Schmierung ist die direkte Ölzufuhr vor und während des Ventilhubes sowie die Ölmengebegrenzung. Durch die Mengengbegrenzung können fertigungstechnisch unkritische und verschmutzungsunempfindliche Ölkanalquerschnitte realisiert werden.

Die nitrooxidierten Schalenhartgussnockenwellen aus GGG-60 werden über eine Duplexkette direkt von der Kurbelwelle angetrieben. Durch die Nitrooxidschicht wird ein Optimum bei Korrosionsschutz und Einlaufverhalten erreicht. Ein weiterer Vorteil ist der Entfall des Finishens bei der Nockenwellenherstellung. Bisher musste der durch das Nitrieren entstandene spröde Porensaum entfernt werden.

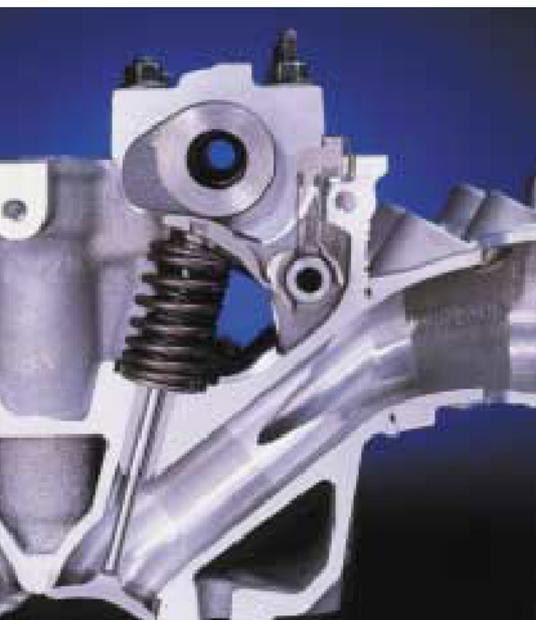


Bild 2: Ansicht Ventiltrieb Einlassseite
Figure 2: Valve train intake side

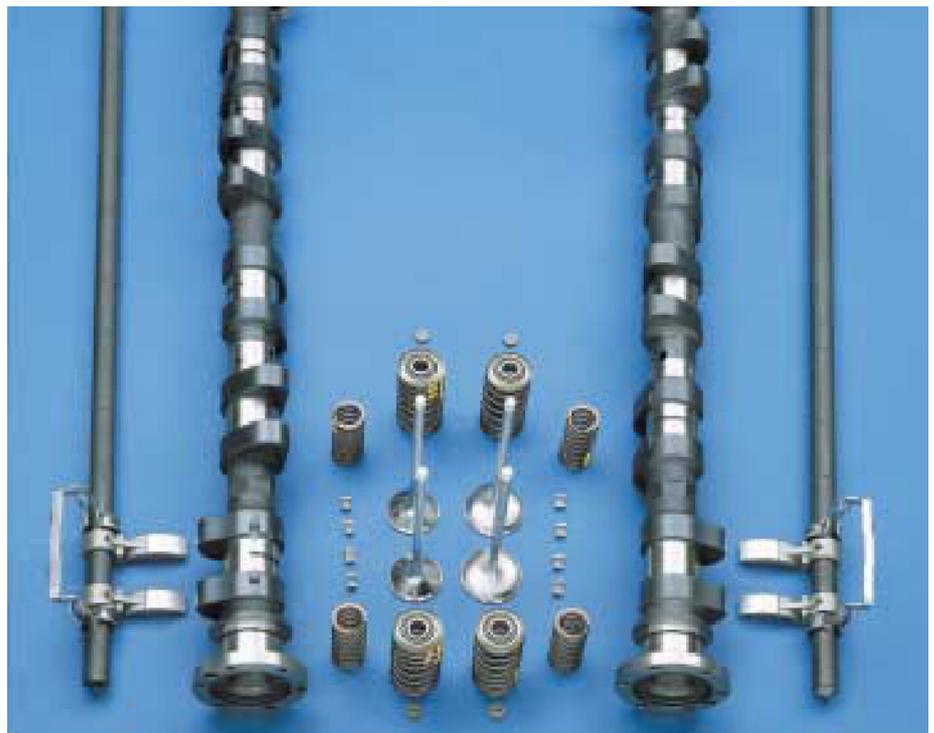


Bild 4: Einzelteile Ventiltrieb
Figure 4: Parts of valve train

Die Kettenführung erfolgt über eine geteilte Spannschiene aus PA6 und eine Gleitschiene aus Aludruckguss mit aufgeclipstem Gleitbelag. Durch die zweiteilige Spannschiene wird die ungeführte Kettenlänge minimiert. Die Duplexkette wird durch Öl aus drei Bohrungen in der großen Spannschiene geschmiert. Die Bohrungen liegen direkt unter den Kettenlaschenspuren.

2.1.5 Nockenwellenverstellung mit Doppel-VANOS

Beim aktuellen M3-Motor kommt wie auch schon im Vorgänger für Ein- und Auslassnockenwelle ein Hochdruck-VANOS (Variable Nocken-Spreizung) zum Einsatz. Das Kettenrad ist durch die axial verschiebbare Zahnwelle über eine Schrägverzahnung mit der Nockenwelle verbunden. Durch die axiale Verschiebung der Zahnwelle ergibt sich durch die Schrägverzahnung eine Relativbewegung zwischen Nockenwelle und Kettenrad. Dies ermöglicht den Spreizungswinkel der Einlassnockenwelle um 60° und der Auslassnockenwelle um 46° Kurbelwinkel zu variieren.

Die axiale Verstellung der Zahnwelle erfolgt über einen motorölbeaufschlagten Verstellkolben. Das Motoröl wird durch eine im Vanosgehäuse integrierte Radialkolbenpumpe auf einen Arbeitsdruck von 115 bar vorgespannt. Die kennfeldgesteuerte Hochdruckverstellung garantiert kurze Verstellzeiten und somit für jeden Betriebspunkt, last- und drehzahlabhängig, den optimalen Spreizungswinkel synchron zu Zündzeitpunkt und Einspritzmenge. Um auch bei dynamischer Fahrweise in den unteren Gängen, bei einer gewichts- und bauroptimierten Dimensionierung der Pumpe, jederzeit die optimale Spreizung zu gewährleisten, wird ein Hochdruckspeicher mit 64 cm^3 verwendet.

2.1.6 Ölversorgung

Die Schmierölversorgung des Motors erfolgt über eine Zahnradölpumpe. Aufgrund des hinter dem Vorderachsträger angeordneten Ölsumpfs und der hohen erreichbaren Fahrzeugquer- und Längsbeschleunigungen war es notwendig, wie schon beim Vorgängermodell, ein Quasitrockensumpfsystem zu verwenden. Aufgrund der Sumpfanordnung und der Einbaulage, 30° nach rechts geneigt in Fahrtrichtung gesehen, findet bei hoher Querbeschleunigung in Linkskurven wie bei starkem Verzögern kein natürlicher Ölrücklauf in den Sumpf statt. Deshalb wurden eine Rückförderpumpe, die eine Baueinheit mit der Druckölpumpe bildet, sowie in Zylinder-

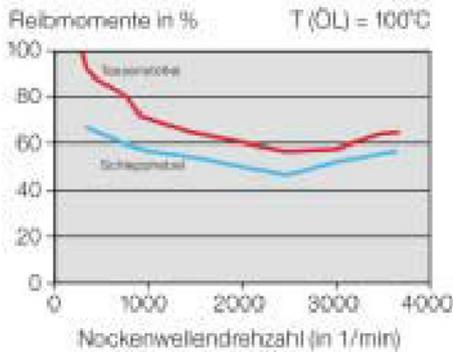


Bild 5: Reibleistungsvergleich der Ventiltriebskonzepte

Figure 5: Comparison of friction levels for alternative valve gear concepts

kopf und Kurbelgehäuse integrierte Öbläufe auf der Einlassseite vorgesehen. Aus dem vorderen kleinen Ölsumpf wird das Öl rechts vorne abgesaugt und in den hinteren großen Ölsumpf gefördert. Der hintere Ölsumpf ist praktisch komplett geschlossen, die Rücklauföffnungen und der Absaugpunkt der Druckölpumpe sind genau auf die auftretenden Beschleunigungen abgestimmt.

2.1.7 Kühlung

Um bei dieser hohen spezifischen Leistung eine effiziente Kühlung zu gewährleisten, wird, wie schon beim Zylinderkopf erwähnt, das Querstromprinzip verwendet. Um den für dieses Prinzip notwendigen hohen Volumenstrom und eine Reduzierung der Antriebsleistung zu erreichen, wurde ein Wasserpumpenrad mit dreidimensional gekrümmten Schaufeln entwickelt.

Der Gesamtwirkungsgrad der Wasserpumpe konnte im Bestpunkt auf 62% gesteigert werden. Durch das neue Schaufelrad und durch den insgesamt widerstandsreduzierten Kreislauf mit integriertem Ringschieberthermostat konnte das Kavitationsverhalten nochmals verbessert werden. Das Problem der wirtschaftlichen Herstellung eines Laufrads mit dreidimensionalen Schaufeln wurde durch ein aus mehreren gleichen Segmenten zusammengesetztes Rad gelöst, **Bild 6**. Die Segmente sind aus Kunststoffspritzguss. Nach dem Zusammensetzen werden die Verrastungen der Segmente verschweißt.

2.2 Motorperipherie

2.2.1 Ansaugseite

Bei der Gestaltung der Ansaugluftführung musste ein separates Luftmassenmesser-

gehäuse nicht berücksichtigt werden, da ein Heißfilmmesselement direkt in den Reinluftschalenauslass des Ansauggeräuschkämpfers integriert ist. Dadurch wird eine strömungsgünstigere Luftführung sowie ein größeres Sammlervolumen ermöglicht.

Die Saugseite zeichnet sich besonders durch die sechs Ansaugtrichter in einem großen Luftsammler sowie durch die Lastregelung durch eine Drosselklappe pro Zylinder aus. Luftsammler und Trichter sind aus PA6 mit 30% Glasfasern und bilden eine Baueinheit. Die beiden Luftsammlerhälften sind spiegelverschweißt; die Trichter werden mit Laser im Sammler eingeschweißt. Die Luftsammereinheit ist über luftführende Gummielemente zwischen Trichtern und Drosselklappenstutzen ent-

koppelt. Die Ansaugtrichter haben ein speziell abgestimmtes Durchmesser/Längenverhältnis und wurden mit Hilfe eines Simulationsprogramms der F1-Rennabteilung entwickelt, **Bild 7**.

Gegenüber dem Vorgängermodell kommen jetzt sechs einzelne Drosselklappengehäuse und nicht mehr drei Doppelgehäuse zum Einsatz, **Bild 8**. Aufgrund des höheren Unterdrucks im Leerlauf wurden wegen der Drosselwellendurchbiegung kleinere Drosselwellenlagerabstände notwendig. Die Kraftübertragung vom EDR-Steller (EDR = Elektronische Drosselklappenregelung) erfolgt über eine Betätigungswelle mit sechs Betätigungshebeln und Zwischenstangen an die Drosselhebel.

Die Betätigungshebel werden im MIM-Ver-



Bild 6: Wasserpumpenlaufrad

Figure 6: Water pump impeller

Bild 7: Schnittmodell Zylinderkopf mit Drosselklappenstutzen und Trichter

Figure 7: Sectioned model of cylinder head with throttle stub pipe and venturi



fahren (MIM = Metall Injection Moulding) hergestellt. Dadurch kann ein Bauteil vier Teile und die entsprechenden Füge- und Montagevorgänge ersetzen. Mit der steifen, spielfreien Gasbetätigung, dem geringen Volumen zwischen Drosselklappe und Einlassventil und einem EDR-Steller mit großer Verstellgeschwindigkeit (105 ms Verstellzeit zwischen Leerlauf- und Vollast-Position) wurden die konstruktiven Grundlagen für das direkte, BMW M-typische Ansprechverhalten des Motors geschaffen.

2.2.2 Abgasseite

Die Abgaskrümmen sind als Rohrfächerkrümmen ausgeführt, **Bild 9**. Die Rohre der beiden drei-in-eins Abgaskrümmen (Zylinder 1-3 und 4-6) sind aus Edelstahl (X5CrNi) und auf gleiche Länge und Durchmesser sowie Verwendung in Rechts- und Linkslenkerfahrzeugen ausgelegt. Primär- und Sekundärrohre sind trotz der komplizierten Formgebung einteilig und haben eine Wanddicke von 1mm. Dies wird durch die Innenhochdruckumformung ermöglicht. Durch die Präzision des Umformverfahrens und den geringen Wärmeeintrag durch weiche und optimal abgestimmte Automa-

tenschweißungen kann auf einen aufwändigen Nachschweißprozess verzichtet werden.

Die Befestigungsflansche am Zylinderkopf wurden im Vergleich zum Vorgänger von Feinguss auf Blech und die Anzahl der Befestigungsschrauben von vier auf drei umgestellt. Der Vorteil der neuen Flanschlösung ist eine Gewichtseinsparung von über 66% und eine bessere Pressungsverteilung an der Dichtfläche. An der Verbindungsstelle Krümmer/Abgasanlage werden ebenfalls Blechflansche statt der sonst üblichen, schweren Schmiedeflansche verwendet. Durch Integration eines Längen- und Winkelausgleichs für Montagetoleranzen und Wärmeausdehnung in die Flanschverbindung konnte auf einen Metallfaltenbalg und Rohrschiebesitz verzichtet werden.

Bei der Auslegung der Abgasanlage wurde konsequent auf eine Reduzierung des Gegendrucks geachtet, um die Leistungszielwerte zu ermöglichen. Die Abgasanlage wird zweiflutig bis in den Schalldämpfer geführt, **Bild 10**. Pro Abgasstrang werden zwei Metallkatalysatoren ($\text{\O}105 \times 90$ und $\text{\O}105 \times 120$) mit einer Folienstärke von 0,04 mm und 200 cpsi verwendet. Um die erforder-



Bild 8: Drosselklappenstutzen mit Ansaugtrichter
Figure 8: Throttle stub pipe with intake venturi

Bild 9: Auspuffkrümmer

Figure 9: Complete exhaust system



Bild 10: Abgasanlage komplett

Figure 10: Complete exhaust system

derlichen Querschnitte der Abgasanlage unterzubringen, müssen auch die Rohre im Bereich der Hinterachse mit dem IHU-Verfahren hergestellt werden. Durch Entfall des Reserverads konnte ein Nachschalldämpfer in Halbschalenbauweise mit einem Volumen von 40 Litern realisiert werden. Verglichen mit dem Vorgänger-M3 konnte der Abgasgedruck um 40% abgesenkt werden.

3 Elektrik und Elektronik

3.1 Elektrische Bauteile

Bei der Auswahl der Steckverbindungen mussten die höheren Schwingbeschleunigungen aufgrund der möglichen hohen Drehzahlen beachtet werden. So kommen für die drei Klopfensoren sowie die Potentiometer auf Drosselklappenstutzen und EDR-Steller Goldkontakte zum Einsatz.

Auch bei den elektrischen Bauteilen wurde auf die Gewichtsreduzierung geachtet. So werden ein leichter Anlasser sowie Pencilcoils verwendet. Alleine die Gewichtsersparnis durch die Stabzündspulen beträgt 0,66 kg.

3.2 Elektronische Motorsteuerung

Zusammen mit der Elektronikentwicklung der BMW AG hat BMW M ein eigenes Motorsteuergerät entwickelt, **Bild 11**. Das Steuergerät besitzt – wie schon das Steuergerät im E36 M3 – zwei 32 bit Microcontroller. Diese haben nun jedoch eine höhere Taktfrequenz um die komplexeren Funktionalitäten – wie auch die höhere Maximaldrehzahl – zu beherrschen.

Integriert ist die Regelung der Spreizung für Ein- und Auslassnockenwelle (Hochdruck-Doppelventil), eine ständige Ölniveauekontrolle (TOG), Wegfahrsperrung (EWS), Elektro-

nische Drosselklappenregelung (EDR) sowie ein aufwändiges Diagnosesystem mit verschiedenen Diagnoseroutinen für die Servicewerkstatt. Das Steuergerät errechnet zylinderindividuell für jeden Arbeitstakt – abhängig von Last und Drehzahl beziehungsweise dem Gradient der Laständerung – Zündzeitpunkt, Einspritzmenge und Einspritzzeitpunkt. Synchron dazu wird die optimale Nockenspreizung errechnet und eingestellt.

Die zylinderindividuelle, adaptive Klopfregelung erhält ihr Klopfsignal über drei Körperschallsensoren. Jeweils ein Sensor überwacht zwei Zylinder. Die Adaption erfolgt zylinderindividuell über eine arbeitspunktabhängige Normierung und erlaubt es im gesamten Zündwinkelkennfeld Zündbestwerte zu programmieren.

Über einen Schalter am Armaturenbrett kann der Fahrer eine sportlichere, also progressivere Kennlinie bezüglich Gaspedal-

weg und Drosselklappenöffnung abrufen. Gleichzeitig mit der Aktivierung der progressiveren Gaspedalkennlinie werden auch die dynamischen Übergangsfunktionen der elektronischen Motorsteuerung auf eine spontanere Applikation umgeschaltet. Die komfortablere Kennlinie wird automatisch bei jedem Neustart aufgerufen. Die EDR-Steuerung basiert auf einer Momentenstruktur. Der über das Potentiometer am Fahrpedal gemessene Fahrwunsch wird also in ein Wunschkraftmoment übersetzt. Im Momentenmanager wird dieses Wunschkraftmoment um die Bedarfsmomente der Nebenaggregate korrigiert und mit den geforderten Maximal- oder Minimalmomenten von DSC (ASC, MSR-Eingriffe) abgeglichen. Das so berechnete Sollmoment wird unter Berücksichtigung des aktuellen Zündwinkels über den Luftpfad be-

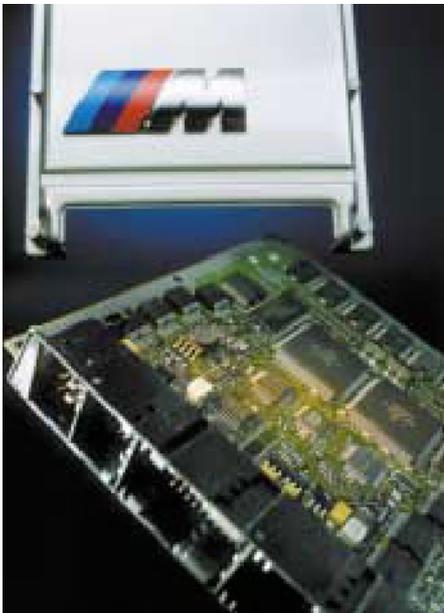
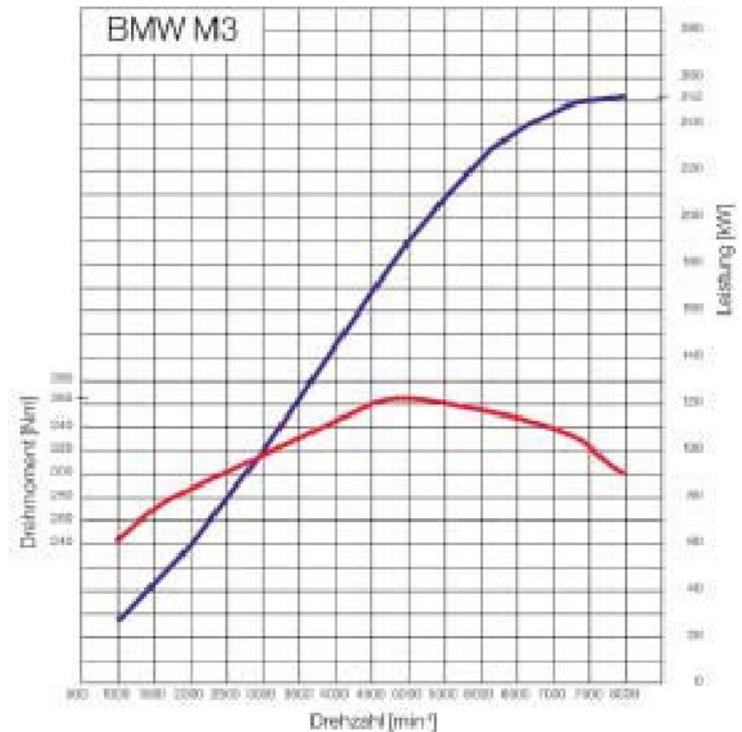


Bild 11: Motorsteuergerät BMW MSS54

Figure 11: BMW MSS54 engine management control unit

Bild 12: Leistungs- und Drehmomentdiagramm

Figure 12: Power-output and torque graph



stehend aus Leerlaufsteller und EDR-Steller (Drosselklappen) eingestellt. In der Warmlaufphase des Motors erfolgt ein schnelles aufheizen des Katalysators durch Eingriffe in VANOS, Zündung, Einspritzung sowie Ansteuerung der elektrischen Sekundärluftpumpe (SLP) mit entsprechender Korrektur im Momentenmanager. Darüber hinaus erfüllt die Motorsteuerung die derzeit gültigen On-Board-Diagnosestandards (US-OBD, E-OBD).

4 Entwicklungsresultate

4.1 Gewicht

Mit den oben beschriebenen konstruktiven Ausführungen konnte das Motorgewicht gegenüber dem Vorgänger um 6% redu-

Hasse & Wrede

ziert werden. Positiv für die Fahrdynamik ist auch die deutliche Absenkung des Motorschwerpunkts.

4.2 Leistung und Drehmoment

Obwohl der Hubraum nur um 1,4% im Vergleich zum Vorgängermodell erhöht wurde, steigerten sich aufgrund des Hochdrehzahlkonzepts die Nennwerte für Leistung um 6,9% und für Drehmoment um 4,3%. Durch konsequente Ladungswechselabstimmung und Entdrosselung erhöhte sich die spezifi-

BMW M3		S54 B32
Maximale Leistung	KW/PS	252 / 343
bei Drehzahl	l/min	7900
Maximales Drehmoment	Nm	365
bei Drehzahl	l/min	4900
Spezifische Leistung	KW/PS/dm ³	77,6 / 105,7
Spezifisches Drehmoment	Nm/dm ³	112,45
zul. Höchstdrehzahl	l/min	8000
Hubraum	cm ³	3246
Bohrung x Hub	mm	87 / 91
Hu / Bohrung		1.046
Zylinderabstand	mm	91
Mittl. Kolbengeschwindigkeit bei 8000 U/min	m/s	24,27
Verdichtung / Kraftstoff	- / ROZ	11,5:1 / 98 (95)
Pleuellänge	mm	139
Pleuelstangenverhältnis	-	0,3273
Hauptlagerdurchmesser	mm	60
Hauptlagerdurchmesser	mm	49
Ventildurchmesser E/A	mm	35 / 30,5
Ventilhub E/A	mm	12
Einlasskanalgröße	mm	2 x ø 28,5
Elektronische Motorsteuerung		BMW MSS 54

Tabelle: Technische Daten M3 Motor

Table: Table of technical data – M3 engine

sche Leistung von 100 auf 105,7 PS/l. Trotz der hohen Nenndrehzahlen besitzt der Motor eine große Elastizität. Bei 2000/min entwickelt der Motor bereits 80% des maximalen Drehmoments, **Bild 12** und **Tabelle**.

4.3 Spezifischer Kraftstoffverbrauch und Kraftstoff

Durch den guten Gesamtwirkungsgrad des Motors erreicht man nicht nur das hohe

Leistungs- und Drehmomentniveau sondern auch einen guten spezifischen Kraftstoffverbrauch. Bedingt durch die Reibungsoptimierung des Ventiltriebs und der Verdichtungserhöhung auf 11,5:1 ergibt sich im Vergleich zum Vorgängermotor ein Vorteil im spezifischen Kraftstoffverbrauch, der insbesondere im Niederlastbereich hervortritt. Durch die adaptive Leerlaufsynchrisation wurde über eine bessere Gemischgleichverteilung ein weiterer Verbrauchsvorteil im Leerlaufbereich realisiert.

Durch die Optimierung der Einspritzventile und der Einspritzventillage konnte in Verbindung mit dem schnellverstellenden Hochdruck-Doppelvanos insbesondere im Hochlastbereich bei niederen Drehzahlen eine weitere Absenkung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs erreicht werden. Im oberen Last- und Drehzahlbereich wirken sich die Entdrosselungsmaßnahmen des Ladungswechsels auch reduzierend auf den spezifischen Kraftstoffverbrauch aus, **Bild 13**.

Die Auslegung des Motors erfolgte für 98 ROZ. Die adaptive Klopfregelung erlaubt jedoch auch die Verwendung von Kraftstoff mit 95 ROZ.

4.4 Abgas

Mit den beschriebenen Maßnahmen unterschreitet der BMW M3 die Abgasgrenzwerte für EU3 deutlich. In USA wird die LEV-Zulassung mit einem motornahen Hauptkatalysator erreicht. Mit der US-Abgasanlage werden 333 hp bei 7900/min und 262 ftlbs bei 4900/min erreicht.

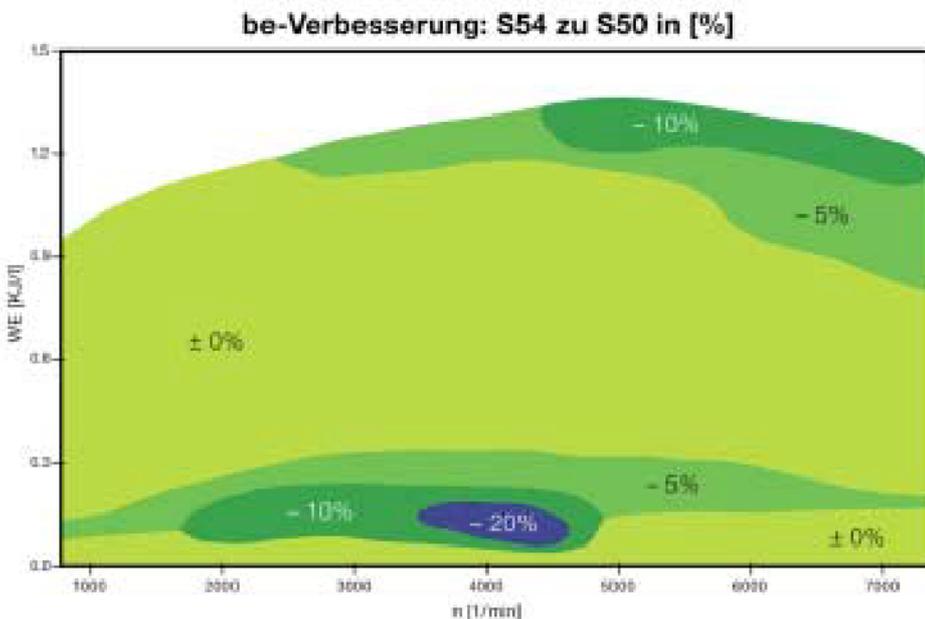


Bild 13: Verbesserung spezifischer Kraftstoffverbrauch

Figure 13: Improvement in specific fuel consumption

5 Zusammenfassung

Mit dem neuen M3 Motor ist es gelungen, sich widersprechende Ziele wie absolute Alltagstauglichkeit, Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit in Herstellung und Betrieb sowie hohe spezifische und absolute Leistung zu vereinen und die Maßstäbe hinsichtlich Freude am Fahren nochmals höher zu setzen.



You can read the English version of this article in **MTZ worldwide**.

Subscription Hotline: +49 / 6 11 / 78 78 151